

## 충청남도 해안에 발달한 해빈과 해안사구

강 대 균

충북대학교 지리교육과, 361-763 충북 청주시 흥덕구 개신동 산 48

### Beach and Sanddune Development along the Coastline of the Chungcheong-Namdo Province

Taygyoon Kahng

Department of Geography Education, Chungbuk National University,  
Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea

**Abstract:** The purpose of this paper is to examine the geomorphic processes of beach and sanddune development in the Chungcheong-Namdo Province. The sands consist mainly of quartz and feldspar with lesser amounts of mica and other heavy minerals. With the exception of those from the granite, the sands have a very fine texture. Another characteristic of the sand grains is low degrees of roundness and grading indicating that source areas for the material were in the vicinity of the accumulating field. Over the years, the beaches have receded as a response to the decreasing amount of depositional materials. The driving force for the formation and transformation of coastal dunes in the study area is dominant winds from the center of the Siberian High. To some extent, the erosion of coastal dunes has been a global phenomenon. The degradation process occurred most actively when spring tides attacked beaches, berms, and foredunes. The relief and shape of present-day coastal dunes is determined initially by the Pleistocene strata underneath. From the fact that the strata contained traces of frozen structure, it can be inferred that sediment once experienced the process of soil formation.

**Keywords:** beach, sanddune, degradation, Pleistocene

**요 약:** 본 연구는 우리나라의 서해안에서 해안사구의 발달이 탁월한 충청남도 태안군의 학암포, 천리포, 만리포, 몽대포, 몽산포, 삼봉, 서천군의 송림리를 선정하여 해빈과 해안사구를 구성하는 물질의 특성과 공급원, 고사구와의 관계를 밝히는 것을 목적으로 한다. 충청남도 해안은 태안반도와 안면도를 비롯하여 육지가 바다로 돌출한 지역을 중심으로 해안선의 출입이 심한 것이 특징이다. 특히 헤드랜드에 의해 분리된 만입으로는 파랑의 작용이 비교적 활발하게 미치므로 해빈이 발달한다. 해빈의 모래는 서풍 계열의 바람에 불려 해안사구를 이루고 있다. 본 연구 지역에서는 연중 남서풍 계열의 바람이 지속적으로 불어온다. 본 연구 지역에 분포하는 해빈과 해안사구는 거의 대부분 석영과 장석으로 이루어졌으며 운모, 중광물도 포함한다. 학암포 해수욕장의 경우 석영 72.6%, 장석 20.3%, 운모 3.3%이고 이 밖에 각섬석, 녹렴석, 전기석, 지르콘, 기타 철산화물이 소량 포함되었다. 충청남도 해안은 모래가 부족한 편이며 화강암 기원의 것을 제외하면 입도가 아주 작고 원마도가 불량한 것이 특징이다. 이는 모래의 이동 거리가 길지 않았음을 의미한다. 모래 부족은 해빈의 침식과 해안선의 후퇴로 나타난다. 본 연구 지역의 해안사구는 플라이스토세의 고사구층을 기반으로 발달하였다.

**주요어:** 해안사구, 해빈, 고사구, 중광물, 플라이스토세

## 서론

우리나라는 3면이 바다로 둘러싸여 있으나 해빈에 대한 연구가 극히 부진하다. 해안사구는 해빈과 사정이 다소 달라 지형학, 지질학 등의 분야에서 꾸준히 관심을 가져 왔다. 김봉균(1974)을 비롯하여 윤웅구의(1977), 박동원과 유근배(1979), 박승필(1981), 권혁재(1981, 1993), 박경(1987), 박용안과 최경식(1993), 한태홍(1993) 등이 연구한 자료에서는 해안사구의 형성시기와 고해면의 관계, 해안사구의 분류, 침식의 문제를 주로 언급하였다.

우리나라의 서해안은 각종 해안지형이 다채롭게 발달되어 있는데, 충청남도의 해안은 특히 해빈과 해안사구가 탁월하게 발달하였다. 본 연구 지역은 배후산지의 해발 고도가 낮고 유역 분지를 흐르는 하천들이 유량을 비롯한 규모가 작아서 퇴적물의 유입량이 많지 않다. 그럼에도 파랑의 작용이 비교적 활발한 해안에는 해빈이 양호하게 형성되었으며 곳에 따라서는 해빈에 비해 규모가 상당히 큰 해안사구가 발달되어 있다.

충청남도의 해안은 해안사구의 발달이 매우 탁월하다. 그러나 이에 대한 이제까지의 연구는 접근 방법이 제한적이고 그 주제가 단편적이었으며 해빈에 비해 해안사구가 현저하게 발달한 원인도 충분히 밝히지 못했다. 이에 충청남도의 해빈과 해안사구를 종합적으로 조사하여 구성 물질의 특성과 공급원, 고사구와의 관계를 밝히는 것을 연구 목적으로 삼았다.

## 연구 자료 및 방법

충청남도 해안의 해빈과 해안사구를 처음 답사한 것은 1988년 5월이었다. 그러나 본격적인 조사는 1995년 6월부터 시작되었고 2001년 8월까지 총 90여 회의 답사가 시행되었다. 국내의 다른 지역은 물론이고 외국의 해빈과 해안사구에 대한 답사도 병행하였다. 일본의 돗토리[鳥取]와 쿠주쿠리하마[九十九里浜]는 1996년 12월, 태국의 파타야(pattaya)와 영국의 이스트앵글리아(East Anglia) 지방은 1999년 7월에 각각 답사하고 자료를 수집하였다.

본 연구에서는 각종 지도가 유용하게 사용되었다. 해안사구의 분포도는 작성하기가 매우 까다로운 작업의 하나이다. 특히 학암포와 만리포에서처럼 해안의 모래가 배후 산지까지 날려간 경우는 항공사진의 판

독으로도 그 퇴적 범위를 판단하기가 난해하다. 1:50,000 지형도는 정밀작업에 적합하지 않았다. 1:5,000 국가기본도는 기복의 확인에는 유용하였지만, 구체적으로 해빈과 해안사구의 분포도 작성에 이용한 것은 1:25,000 지형도였다. 1:250,000 대전 도폭 지질도와 1:50,000 대산, 이곡, 모항, 서산, 서천 도폭 지질도는 연구 지역의 암석의 분포와 모래의 공급원을 파악하는 데 도움이 되었다.

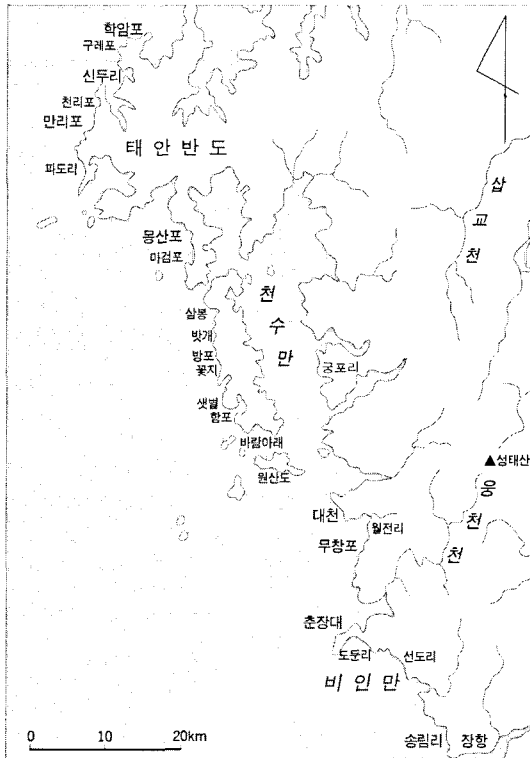
바람은 본 연구 지역과 관련이 깊은 서산, 보령, 군산관측소의 기상자료를 처리하여 전년, 동계[1월], 하계[8월]별 특성을 바람장미로 나타내었다. 바람장미는 최대풍속 5m/sec 이상의 바람에 대한 16방위의 풍향별 빈도를 횡수 또는 백분율로 나누어 표시하였다.

해빈과 해안사구의 모래는 각 단위 지형을 대표한다고 판단되는 것 중에서 임의로 표품을 채취하였다. 해안사구는 삼으로 트렌치(trench)를 파서 노두를 관찰하는 한편 트렌치에서도 표품을 채취하였다. 모래의 표품은 입도 분석, 박편을 통한 원마도, 분급도의 분석과 조성 광물의 감정, 주사전자현미경(SEM) 사진의 촬영, 대자율의 측정, X-ray 형광 분석 등에 이용되었다. 이와 같은 분석은 해빈과 해안사구를 구성하는 모래의 운반 과정과 해안사구의 형성 연대를 밝히는 근거가 되었다.

## 연구 지역의 개관

본 연구 지역은 충청남도의 태안반도에서 금강하구에 이르는 해안으로 태안군과 서산시, 보령시, 서천군의 4개 시, 군에 속해 있다. 이곳의 해안으로는 대규모의 하천이 유입하지 않는다. 기반암의 구릉지가 해안을 따라 분포하기 때문에 하천이 구릉지로 에워싸인 좁은 유역 분지에서 발원한다. 하천은 다량의 토사를 운반할수록 해빈과 해안사구의 발달에 결정적인 요인으로 작용한다. 하천의 규모가 작고 유량이 불 것 없어서 답수의 유입이 적은 충청남도의 연안 해역은 외해보다 봄철-초여름에 걸쳐 상대적으로 수온이 낮다(성학중 외, 1987). 고온 다습한 남서기류가 불어오면 온도차로 인한 해무가 빈번하게 발생하게 되는 것은 이 때문이다.

충청남도의 해안은 전역에 걸쳐 구릉지가 임박해 있으며, 구릉지의 말단에서는 비고가 낮은 해식애와 넓은 파식대가 발달하였다. 이와 같은 해안선의 윤곽을 보이는 본 연구 지역에서는 해빈이 구릉지 사이의



**Fig. 1.** Index map showing the study area characterized by numerous headlands, bays, tidal inlets and tidal flats. Beaches and coastal sanddunes are developed along the coastline.

만입에 포켓비치(pocket beach)의 형태로 나타난다.

태안군에는 해수욕장으로 개발, 이용되고 있는 해변이 집중적으로 분포한다. 이들 해변은 대부분 서쪽이나 북서쪽으로 향해 있어 북서 계절풍의 영향을 크게 받는다. 반면에 보령시와 서천군에는 지역적인 해안선의 윤곽과 관련하여 남서쪽으로 향한 해변도 발달하였다. 이러한 해변은 북서 계절풍 대신 남서풍의 영향에 놓이게 된다. 태안군의 해변은 신두리를 제외하고 전부 태안해안국립공원에 속해 있으며 해안사구의 발달도 태안반도와 안면도에서 절정을 이룬다.

태안군의 해안은 경기육괴의 변성 퇴적암인 서산층군과 경기편마암복합체가 분포하며 대보화강암과 그 밖의 암석의 분포는 극히 한정되어 있다. 그리고 보령시와 서천군의 해안에는 대동누층군의 퇴적암이 분포하는데 지체 구조상 경기육괴 내의 충남분지에 해당한다(Fig. 2). 충남분지는 무연탄을 함유한 대동누층군의 퇴적 후에 일어난 대보조산운동의 영향으로 불규칙하게 교란되었다. 남포층군이라 명명된 충남

분지의 대동누층군은 차령산맥의 말단부에 퇴적되었고 대보화강암은 보령 지방의 대천을 중심으로 관입하였다.

## 물질 구성의 특성과 공급원

해안사구의 모래는 해변에서 공급된 것이고 해변의 모래는 하천의 유역 분지와 연안의 풍화층, 해저의 각종 쇄설물 등에서 기원한다(Pethick, 1984). 해안의 모래는 특정한 기원지에서 각종 기구를 통하여 운반되어 온 것이다. 충청남도의 해안에는 해변에 비해 규모가 큰 해안사구가 발달한 것이 특징이다. 그리고 해변에 모래가 부족한 것과 대조적으로 해안사구에는 모래가 두껍게 쌓여 있다. 모래가 절대적으로 부족한 충청남도 해안에서 사구의 모래층이 두껍게 형성된 까닭은 플라이스토세(Pleistocene)의 사구가 상당한 부분을 차지하기 때문이다.

충청남도 해안의 해안사구를 구성하는 모래는 입도(grain size)가 작다. 태안반도와 안면도의 지질은 주로 선캄브리아대의 변성암인 서산층군과 경기편마암 복합체에 속하는 암석으로 이루어졌다. 이들 변성암은 세립의 사질 퇴적암에서 기원한다(Fig. 3). 세립의 사질 퇴적암은 여러 번의 변성 작용과 화강암화 작용을 받아서 석회암이 협재된 호상 편마암 또는 합철 규암이 수반된 운모 편암류 등으로 바뀐 것이다. 그래서 이들로부터는 입도가 작은 풍화 산물이 생산되며 충청남도 해안의 해변과 해안사구의 세립질 모래도 대부분 이들 변성암의 풍화층에서 공급된 것이라고 생각된다. 미정질의 편암과 편마암에서는 세립질 모래가 생산된다. 안면도의 삼봉과 꽃지, 서천의 춘장대와 신탐리, 송림리 등지의 모래는 모두 입도가 대동소이하다. 이들 해안의 모래에서 세립질 모래(입도 0.0625-0.25mm)가 차지하는 비율은 해변이 40-66%, 해안사구가 43-68%이다. Table 1은 삼봉 해변의 해변과 사구에서 채취한 퇴적물을 체질 분석한 자료이다.

삼봉은 해변의 경우 세립질 모래가 약 40%, 중립질 모래(입도 0.25-0.50mm)가 약 39%를 차지하여 세립질 모래-중립질 모래의 비율이 거의 80%에 달하지만, 그레놀을 포함한 자갈의 비율도 18%을 웃돈다. 반면에 해안사구는 세립질 모래의 비율이 68%, 중립질 모래의 그것은 32%로 세립질 모래-중립질 모래가 퇴적물의 거의 전부를 차지하고 있다. 삼봉 해안은

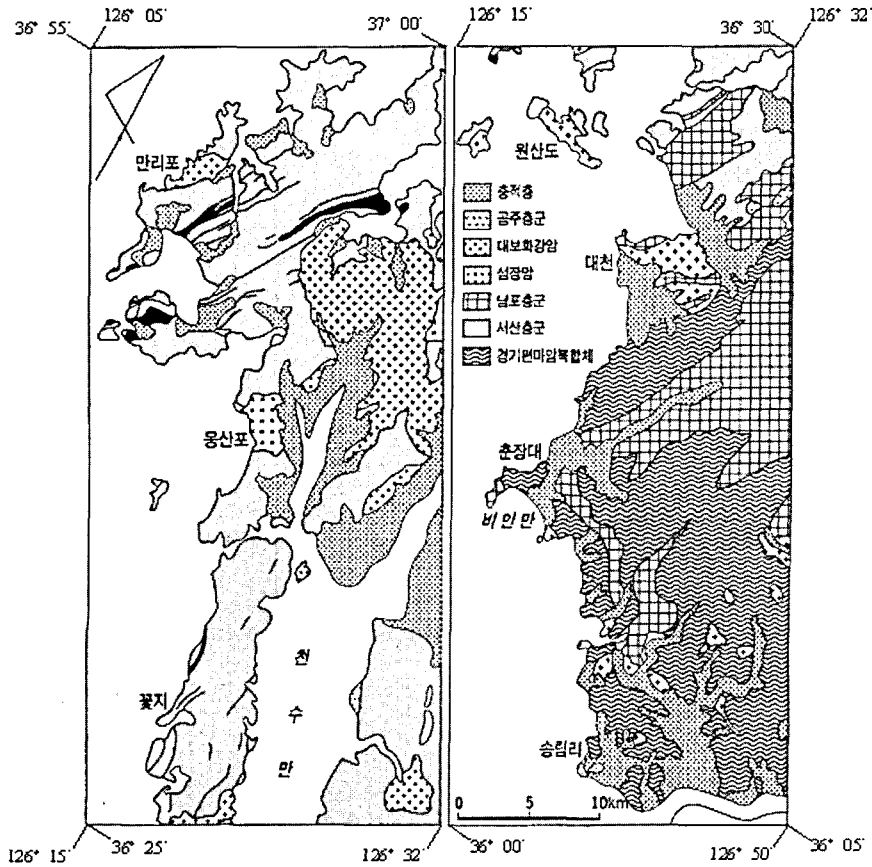


Fig. 2. Simplified geological map of study area (이병주 외, 1996).

포켓비치이다. 이와 같은 포켓비치는 국지적인 공급원에서 기원하는 모래의 비율이 높을 수밖에 없다. 그래서 해변의 물질 구성에서 중립질 모래 이상의 조

립 물질이 세립질 모래보다 훨씬 많아지게 되었다.

그러나 사구사는 Fig. 4에서와 같이 입도가 작다. 삼봉 해안처럼 다양한 크기의 퇴적물로 덮인 지표를

Table 1. Grain size distribution of sediments at the Sambong district.

grain size (φ)	sanddune		beach	
	weight (g)	ratio (%)	weight (g)	ratio (%)
>4	0.25	0.1	0.13	0.0
4-3	1.17	0.5	0.46	0.1
3-2	141.21	66.9	151.85	39.4
2-1	68.10	32.3	148.92	38.6
1-0	0.10	0.1	6.81	1.8
0(-1)	0.00	0.0	6.62	1.7
-1(-2)	0.10	0.1	13.84	3.6
<-2	-	-	56.86	14.8
median	0.25	0.1	10.33	2.7
mean	30.13	14.3	48.19	12.5
total	210.93	100.0	385.50	100.0

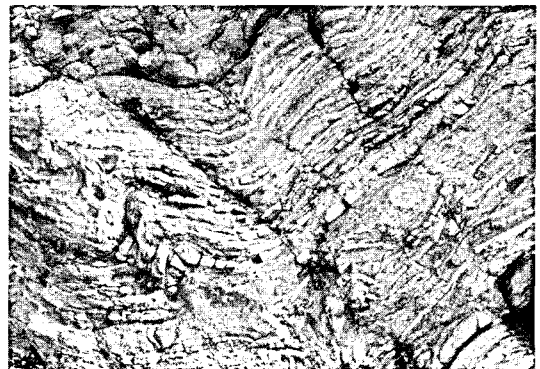
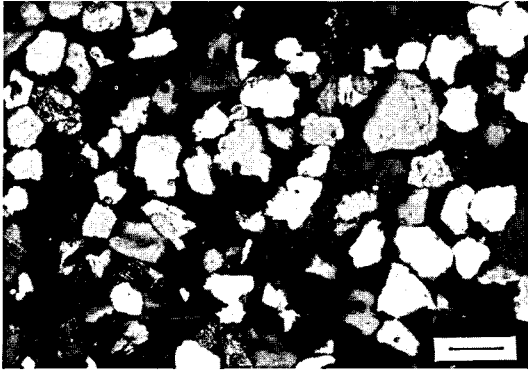


Fig. 3. Photograph of the Precambrian Seosan Group mostly comprising fine-grained sediments. Width of photograph is about 1 meter.



**Fig. 4.** Microphotograph of dune sands sampled at the Sambong district. Note that most sands comprise quartz, feldspar and heavy minerals. The length of scale bar is 0.25mm.



**Fig. 5.** Pocket beach at the Mongdaepo. Beach, consisted of coarse sands, is characterized by breaker.

바람이 불어갈 때는 세립질 모래가 조립질 모래와 그래놀보다 쉽게 운반될 수 있기 때문이다. 사구사에 장석과 그 변질물뿐만 아니라 전기석과 같은 중광물이 섞여 있는 것은 모래의 기원지가 해안으로부터 멀지 않음을 의미한다.

삼봉 해안과 달리 몽산포 해수욕장은 세립질 모래의 비율이 해빈과 해안사구에서 각각 94%, 89%로 모두 높다. 그리고 기원이 다른 두 가지의 모래, 즉 섬장암 기원의 붉고 굵은 모래와 편암 기원의 밝고(회백색) 가는 모래가 동시에 관찰된다. 몽산포 해수욕장의 헤드랜드(headland)는 바로 북쪽에 위치한 포구인 몽대포와의 사이에 자리하는데 섬장암(syenite)으로 이루어졌다(Fig. 2).

쥐라기의 관입암류에 속하는 섬장암은 암색과 광물의 조성, 입도 등 겉보기에서 대보화강암과 구별이

불가능할 정도로 유사하다. 화강암류에서는 조립질의 모래가 생산된다(권혁재, 1977). 섬장암에서 기원하는 모래로 구성된 몽대포의 해빈은 중립질 모래 내지 조립질 모래(입도 0.50-2.00mm)의 비율이 99%에 이르고 경사가 아주 급하게 나타난다(Fig. 5). 포켓비치의 길이가 수백 미터에 불과한 몽대포는 구성 물질의 대부분이 양 헤드랜드에서 공급된 것임을 알 수 있다. 몽산포 해수욕장의 조립질 모래도 섬장암의 헤드랜드에서 기원한다. 그러나 중립질 모래-조립질 모래의 비율이 헤드랜드와 인접한 해수욕장 북단부의 해빈과 해안사구에서조차 각각 6%와 11%로 몽대포에서보다 상당히 낮게 나타난다. 몽산포 해수욕장은 모래의 기원이 이원적이어서 주목된다.

충청남도 해안의 모래 가운데 세립질의 비율이 절대적으로 높은 이유는 연구 지역의 해안뿐만 아니라 이곳으로 유입하는 하천의 유역 분지가 굵은 모래를 생산할 수 없는 지질조건인 점을 우선 생각할 수 있다. 본 연구 지역의 해빈과 해안사구에서 관찰되는 모래는 일반적으로 원마도(angular-subrounded)가 낮다. 이에선 충청남도 해안의 수심이 10m 미만이고 파랑의 에너지 수준이 낮다는 점과 상부 해빈의 모래는 대조시에만 파랑의 영향을 활발하게 받는다는 점도 중요하게 작용하였다(권혁재, 1993).

육상에서는 모래의 이동 거리와 입자의 원마도 사이에 상관 관계가 성립하지 않는다고 알려져 있다(Pettijohn *et al.*, 1987). 모래는 상당한 거리를 이동 하더라도 원마도가 높아지지 않는다. 하천의 부유물로서 유속에 관계없이 쉽게 이동하는 속성 때문에 모서리가 극히 느리게 마모되기 때문이다(오경섭과 오선희, 1994). 모래의 원마도는 입도가 작을수록 낮아진다. 중립(medium)의 석영질 모래를 대상으로 20,000km 거리에 해당하는 마식을 가해보니 모래의 무게가 단지 1%만 감소하였다는 실험은 이를 뒷받침해 준다(Kuenen, 1960). 각이 진 중립질 모래의 원마도는 운반 거리가 길어도 거의 증가하지 않는다.

Fig. 6, 7은 해안사구의 모래를 물로 세척하고 Gold Coating하여 주사전자현미경 하에서 50배 또는 100배, 200배 촬영한 것이다. Fig. 6에서는 모래의 표면에서도 박리(exfoliation)가 일어나는 것을, Fig. 7에서는 예리한 모서리와 깊은 홈이 생기는 것을 확인할 수 있다. 해안사구도 형성 이후에 풍화 작용 및 속성 작용(diagenesis)을 받기 때문에 사구사의 원마도가 나빠지기 쉽다. 특히 풍화가 진행되면 내부에

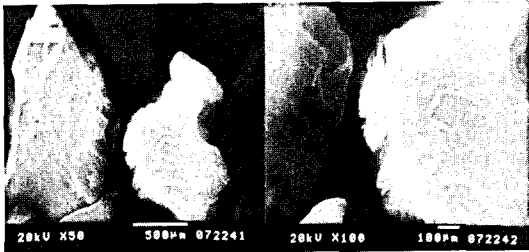


Fig. 6. SEM photograph of sands sampled at the Hakampo district. Note that most sands are generally angular.

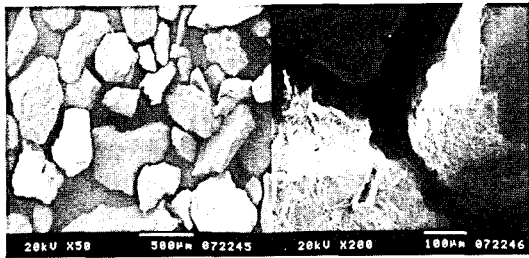


Fig. 7. SEM photograph of sands sampled at the Mongsanpo district. Note that most sands are medium- to coarse- grained.

간직되어 있던 약선이 동결, 융해와 같은 기계적인 힘으로 인해서 쪼개지므로 사구사를 구성하는 석영립의 경도(hardness)가 해빈의 그것에 비해서 낮아진다. 모래의 풍화는 식생의 낙엽 또는 부식이 제공하는 유기질이 첨가되면서 해안사구의 보습 능력이 증진될 때 활발해지며, 이는 퇴적층의 토양 생성 작용을 돕는 효과를 낳는다. 모래는 입자의 표면에 퇴적물의 기원, 유수, 파랑, 바람으로 인한 이동 과정, 속성 작용에 관한 정보를 담고 있다.

모래의 광물 조성을 보면, 학암포 해수욕장에서 채취한 표본의 경우는 석영 72.6%, 장석 20.3%, 운모 3.3%이고 이 밖에 각섬석, 녹립석, 전기석, 지르콘, 기타 철산화물이 소량 포함되어 있다. 이들의 함량을 산화물의 형태로 표시하면  $\text{SiO}_2$  86.5%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  6.79%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1.02%로 나타나고 이 밖에  $\text{MgO}$ 와  $\text{CaO}$ 가 소량 포함되어 있다. 신두리의 규사는  $\text{SiO}_2$  85.1%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  7.58%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1.43% 등으로 구성되어 있고 운모편암에서 기원하는 석영, 장석, 백운모의 주성분 광물과 흑운모, 석류석, 지르콘, 스피나와 같은 부성분 광물을 포함한다. 비인만의 규사는  $\text{SiO}_2$  89.4%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  6.50%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.84% 등으로 이루어져 있고 석영, 장석, 흑운모, 각섬석이 주요 광물이며 소량의 견운모,

녹니석, 불투명 광물을 수반하고 있다. 충청남도 해안의 규사는 사암의 퇴적 구조를 보존하고 있을 만큼 변성도가 낮은 운모 편암, 석영 장식질 편암 등의 기반암에서 기원하는 석영립으로 구성되었다.

## 플라이스토세층

최후 간빙기의 해안 퇴적층이 오늘날의 해안지형의 발달에 어떠한 영향을 끼쳤는지를 이해하는 것은 충청남도 해안의 경우와 같이 모래의 주요 공급원인 하천의 발달이 제한적인 지방에서는 더욱 중요하다. 충청남도 해안에는 기원이 오랜 것으로 보이는, 고화가 다소 진행된 적색의 모래층이 천리포와 만리포, 무창포, 춘장대, 송림리 등지에 널리 나타난다. 이러한 모래층은 지표면에 간혹 드러나 있기도 하고 해빈이나 현생의 해안사구에 묻혀 있기도 하다. 해빈에 묻혀 있는 적색의 모래층은 점토와 자갈을 포함하고 있어서 육상의 그것과 구별된다.

본 연구에서는 해안사구의 적색 모래층을 ‘고사구’로 규정하였다. 고사구는 토양색과 고화도, 미립물질의 함량 등에서 현세(Holocene)에 쌓인 ‘현생사구’와 판이하게 구별된다. Fig. 8, 9에서처럼 적색 모래층의 실제 색깔은 적황색 [yellowish red (5YR 4/6)]이고 구성 물질은 주로 세립질 모래와 실트, 점토 등이다. 미립물질 집적층 또는 철분이 착색된 모래층이 띠를 이루는 이 퇴적층은 토양의 Bt층 또는 결빙 구조가 발달한 Bt-band라고 생각된다. 토양 단면상에 점토가 집적된 적색의 Bt층 또는 Bt-band의 존재는 모래의 퇴적 이후 최후 간빙기의 온난한 환경에서 적색토화 작용을 받았거나 최후 빙기의 주빙하 환경에서 철분과 미립물질이 토양수를 따라 결빙되어 내려간 것을 시사하는 것이다. 따라서 고사구는 담황색의 세립질 모래로만 이루어진 현생사구와 겉보기도 다르다. 현생사구는 해수면이 현재 수준까지 상승하는 과정에서 발생한 바람의 운반, 퇴적 작용이 빚어 낸 산물이다. 오늘날의 해안선과 현생사구는 해면이 지금의 수준으로 상승한 약 4,000년 전 이후에 형성된 것이다.

천리포와 만리포, 송림리 등지에서 현생사구는 플라이스토세의 고사구를 얇게 덮은 정도에 불과하다 (Fig. 8, 9). 이들 해안에서는 해빈과 해안사구가 고사구층을 기반으로 발달한 것임을 확인할 수 있다. 오늘날에도 겨울철에는 해빈의 모래가 바람에 날려 고사구층 위에 쌓인다. 특히 송림리에서는 고사구층이



Fig. 8. Photograph of the Pleistocene fossil sanddunes exposed at Manripo. Red soil developed in the middle of a great many banded Bt horizons. Staff length is 2 meter.

파랑이 일으키는 침식 작용에 직접 노출되어 있으며 해안사구의 전체적인 윤곽(frame)을 결정해 주고 있다. Fig. 9는 송림리의 해안사구에서 적색 모래층의 퇴적상을 관찰하는 한편 표품을 채취하기 위하여 파놓은 트렌치(trench)를 보여준다. 이 곳의 표품은 대자율(magnetic susceptibility)과 X-ray 형광 분석(Fluorescence analysis)의 시료로 이용되었다.

충청남도 해안에서는 최후 간빙기의 해안 퇴적층이 널리 관찰된다. 그러나 그것이 현생사구에 묻혀 있어서 얼마만한 규모로 어떻게 분포하는지는 확실하지 않다. 다만 오늘날의 해변과 해안사구의 발달에 절대적인 기여를 한 것만은 분명하다. 후빙기의 기간은 짧고 최후 간빙기의 기간은 상대적으로 긴데 해안사구를 비롯한 최후 간빙기의 해안 퇴적층은 후빙기의 해면이 약 4,000년 전에 대략 현재의 수준으로 상승할 때까지 대부분 남아 있었을 것이기 때문이다. 서해안에서는 최후 간빙기의 해면도 현재의 해면과 거의 같은 높이였을 것으로 추정된다(권혁재, 1981). 충청남도 해안으로는 하천에 의한 모래 공급이 극히 한정되어 있는데도 불구하고 해안사구가 널리 발달하게 된 것은 최후 간빙기에 해안 퇴적물로 쌓인 플라이스토세층이 이곳의 기반을 이루고 있기 때문이다. 플라이스토세층의 모래는 오늘날에도 비에 깎여 해변

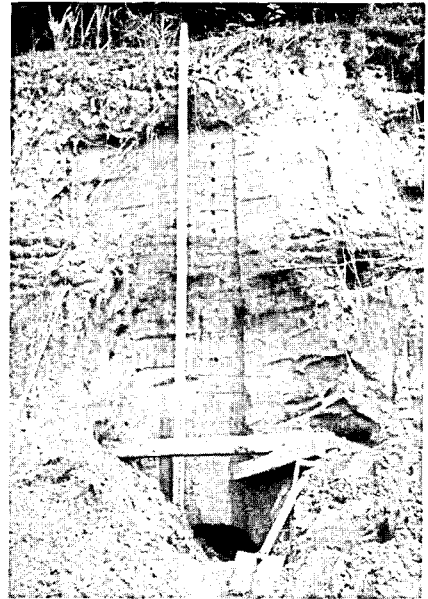


Fig. 9. Photograph of the Pleistocene fossil sanddunes exposed at Songrimri. Black and white dots on the trenched outcrop represent sampling soil horizons. Staff length is 3 meter.

으로 씻겨가고 있으며 이러한 모래가 바람에 불리면 해안사구로 재운반될 것이라고 예상할 수 있다.

## 바람과 해안사구의 발달

해안사구는 해변에서 모래가 바람에 날려 그 배후로 운반, 퇴적됨으로써 발달하는 지형이다. 해안에 쌓인 모래는 풍속이 약 5m/sec에 이르면 바람에 불려 이동하기 시작하고 4.5m/sec 이상의 풍속에서는 도약(saltation)을 하면서 운반된다(Pethick, 1984). 이와 같이 풍속이 증가하면 모래가 쌓인 해변의 접지층에서 난류가 발생하여 모래알을 상공으로 띄워올려 도약을 할 수 있게 되는 것이다. 이때 바람에 날려 이동할 수 있는 모래알의 크기는 0.07-0.50mm(70-500 $\mu$ m)의 범위를 넘지 않는다(Skinner and Porter, 1992). 사구를 이루고 있는 퇴적물은 0.05-0.50mm의 입도가 전체 구성 물질의 75-95%를 차지한다(권혁재, 1990).

해안사구는 탁월풍의 영향을 지배적으로 받으면서 형성된다. 우리나라의 탁월풍(dominant wind)은 겨울의 북서 계절풍이다. 서해안에서는 바람이 바다 위를 불어오기 때문에 풍속이 빠르게 나타난다. 해변에서

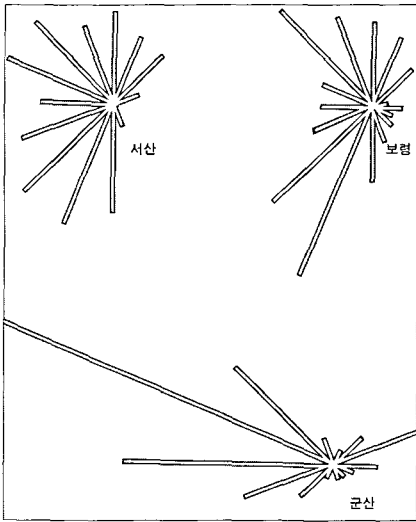


Fig. 10. Wind rose diagrams showing the variation of wind frequency and direction at Seosan, Boryeong and Gunsan region during a year. Note that N, NW, W and SW winds is dominated (기상청, 1991).

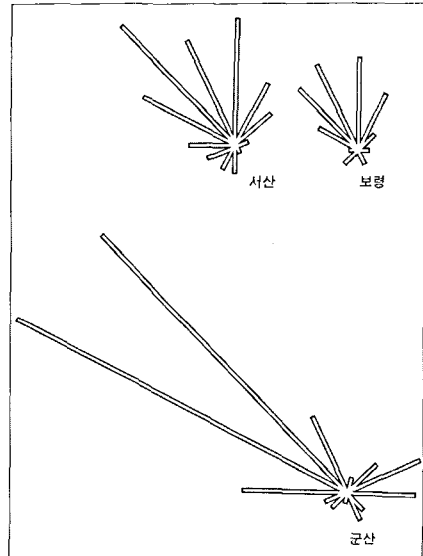


Fig. 11. Wind rose diagrams showing wind frequency and direction at Seosan, Boryeong and Gunsan region during January. Note that NW winds is dominated in winter (기상청, 1991).

해안사구로 이동한 모래가 새로운 더미를 형성하는 모습을 관찰할 수 있는 시기도 북서 계절풍이 서해상에서 강력하게 불어올 때이다. 1월은 북서 계절풍이 세차게 지속적으로 불어오며 돌풍의 빈도가 증가하는 시기이다(김광식 외, 1973).

Fig. 10-12는 충청남도의 해안지방에 위치한 관측소의 바람장미를 전년도 1월, 8월로 대비시켜 표현한 것이다. 각 그림의 바람장미는 서산 기상대와 보령 기상관측소, 군산 기상대에서 1968년 1월부터 1991년 12월까지(단, 보령은 1973년 1월부터 1991년 12월까지) 관측한 자료를 토대로 작성하였다. 바람장미를 작성하는 데는 사구의 형성, 발달, 침식과 같은 지표의 변화에 영향을 줄 수 있는 최대풍속 5m/sec 이상의 바람, 즉 강풍만을 골랐다.

Fig. 10을 보면 강풍의 비율이 대체로 북서쪽 내지 남서쪽에서 불어오는 서풍 계열에서 우세하다는 것을 알 수 있다. 특히 보령에서는 북풍 계열과 남서풍 계열의 바람이 많이 관측되었다. 그리고 군산에서는 서북서풍의 비율이 31%나 차지한다. 답사 경험에 의하면, 북서풍의 비율이 최대풍속 5m/sec 이상의 바람에 대한 분석값보다 모든 장소에서 훨씬 높게 나타난다. 관측 자료를 빌어 쓴 기상대와 기상관측소가 해안사구와 동떨어져 있지 않기 때문이다.

1월의 풍향은 서산과 보령의 경우 북북동에서 북서

를 지나 서북서까지의 빈도가 고루 높게 나타난다. 군산에서는 1월에 북서풍 내지 서북서풍이 탁월하다. 이와 같은 결과는 관측소의 위치가 미친 왜곡이 효과적으로 반영된 것이다. 보령 기상관측소는 해망산(114m)을 비롯한 구릉지가 동북동-서남서 방향으로 뻗어내리는 능선의 남동쪽에 마련되었기 때문에 북서풍 계열의 바람에 대하여 그늘진 풍하측(leeward)에 해당한다. 이것이 보령의 1월 바람장미에 북서풍 계열의 빈도가 선분으로 길게 표현되지 못하는 까닭이다. 산이 많은 우리나라에서는 탁월풍이라도 관측점에 따라 풍향이 왜곡되거나 풍속이 약해져서 상대적으로 적게 관측되는 사례가 드물지 않게 발견된다.

북태평양 고기압의 영향권에 놓이는 8월에는 서산과 보령에서 남서풍 내지 남남서풍이 우세하며 이러한 경향은 보령에서 뚜렷하다. 보령 기상관측소는 남서풍 계열의 바람을 관측되기가 알맞은 장소에 위치하였다. 군산은 한여름인 8월에도 1월과 같이 서북서풍의 빈도가 유난히 높은 점이 특이하다. 북풍받이에 위치한 군산 기상대는 남풍 계열의 바람을 관측하기가 어렵다.

이와 같이 충청남도의 해안으로는 겨울철의 북서풍을 제외하면 연중 남서풍 계열의 바람이 지속적으로 불어온다. 특히 여름에는 남서풍 계열의 빈도가 서산



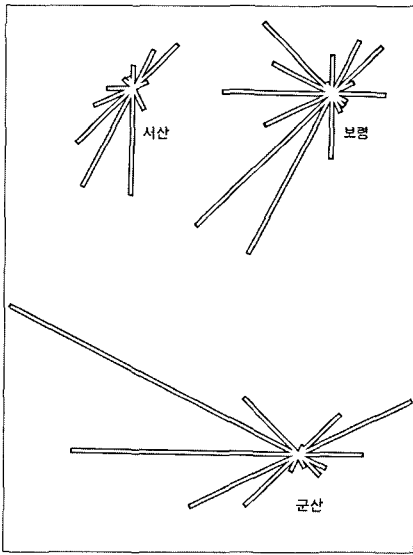


Fig. 12. Wind rose diagrams showing wind frequency and direction at Seosan, Boryeong and Gunsan region during August. Note that SW winds is dominated in summer (기상청, 1991).

과 보령을 중심으로 높아지는 경향을 보인다. 다만 그것은 겨울의 북서풍만큼 강하지 않아서 사구의 발달에 미치는 영향이 제한적이다. 그래서 주민들의 생활과 정서에도 큰 영향을 미치지 못했다. 그러나 국지적으로는 남서풍이 해안사구의 발달에 기여하기도 하는데 비인만에서 그러한 예를 볼 수 있다.

### 요약 및 결론

충청남도의 해안은 해수욕장으로 이용되는 해변이 곳곳에 발달되어 있으며 해변의 배후에는 규모가 큰 해안사구가 나타난다. 본 연구 지역은 태안반도와 안면도를 비롯하여 육지가 바다로 돌출한 지역을 중심으로 해안선의 출입이 심한 것이 특징이다. 특히 헤드랜드에 의해 분리된 만입부에는 해변과 해안사구가 발달하였다. 본 연구는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 해변과 해안사구는 거의 대부분 석영과 장석으로 이루어졌으며 약간의 운모와 중광물도 포함한다. 학암포 해수욕장의 경우 석영 72.6%, 장석 20.3%, 운모 3.3%이고 이 밖에 각섬석, 녹립석, 전기석, 지르콘, 기타 철산화물이 소량 포함되었다.
2. 해안에는 모래가 부족한 편이며 화강암 기원의

것을 제외하면 입도가 아주 작고 원마도가 불량한 것이 특징이다. 모래 부족은 해변의 침식과 해안선의 후퇴를 초래한다. 안면도의 삼봉과 꽃지, 서천의 춘장대와 신태리, 송림리 등지의 모래에서 세립질 모래가 차지하는 비율은 해변이 40-66%, 해안사구가 43-68%이다.

3. 해안사구는 플라이스토세의 고사구층을 기반으로 발달하였다. 최후 간빙기에 해안 퇴적층을 형성하고 있던 현재의 고사구는 최후 빙기를 거치면서 적황색 [yellowish red (5YR 4/6)]을 띠는 세립질 모래와 실트, 점토의 미립물질 집적층으로 바뀌었다. 고사구층은 토양의 Bt층에 해당한다.

4. 최대풍속 5m/sec 이상의 바람은 대체로 북서쪽 내지 남서쪽에서 불어오는 서풍 계열의 바람이 탁월하다. 본 연구 지역으로는 겨울철의 북서풍을 제외하면 연중 남서풍 계열의 바람이 지속적으로 불어온다.

충청남도의 해안에는 해변에 비해 규모가 큰 해안사구가 발달한 것이 특징이다. 그리고 해변에 모래가 부족한 것과 대조적으로 해안사구에는 모래가 두껍게 쌓여 있다. 모래가 절대적으로 부족한 충청남도 해안에서 사구의 모래층이 두껍게 형성된 까닭은 플라이스토세의 고사구가 상당한 부분을 차지하기 때문이다. 해안사구는 탁월풍의 영향을 지배적으로 받으면서 형성된다. 우리나라의 탁월풍은 겨울의 북서 계절풍이라고 알려져 있으나 본 연구 지역에서는 연중 남서풍 계열의 바람이 지속적으로 불어온다.

### 사 사

본 논문을 세심하게 심사하고 지적하여 주신 세분 심사 위원과 지도 교수님, 여러 은사와 답사 때마다 물심양면으로 도움을 주신 서태원, 정재욱 선생님께 감사드립니다.

### 참고 문헌

권혁재, 1977, 주문진-강릉간의 해안지형과 해변퇴적물질. 교육논총, 7, 45-58.  
 권혁재, 1981, 태안반도와 안면도의 해안지형. 사대논집, 6, 261-287.  
 권혁재, 1990, 지형학. 법문사, 서울, 502 p.  
 권혁재, 1993, 서해안의 해안침식. 사대논집, 18, 137-155.  
 기상청, 1991, 한국기후표(1961-1990). 418 p.

- 김광식 외, 1973, 한국의 기후. 일지사, 서울, 446 p.
- 김봉균, 1974, 제주도에 발달하는 사구층의 고생물학적 연구. 대한지질학회지, 10(2), 95-108.
- 박 경, 1987, 천리포 사구내의 적황색퇴적층에 관한 연구. 서울대학교 문학석사학위논문, 54 p.
- 박동원, 유근배, 1979, 우리나라 서해안의 사구지형. 지리학논총, 6, 1-10.
- 박승필, 1981, 한반도 후빙기 해면변동에 관한 연구 -황해안을 중심으로-. 지리학논총, 8, 11-22.
- 박용안, 최경식, 1993, 한국 서해 천리포 사질 조간대 해빈층과 해안사구층의 연구. 한국 제4기학회지, 7(1), 93-102.
- 성학중, 이종범, 박정규, 윤용훈, 1987, 서해중부 연안의 해무발생에 관한 연구. 기상연구 논문집, 4(1), 1-7.
- 오경섭, 오선희, 1994, 금강과 만경강 역과 모래의 비교연구. 한국지형학회지, 1(2), 103-124.
- 윤응구, 박병권, 한상준, 1977, 한반도 후빙기 해면변화의 지형학적 증거. 대한지질학회지, 13(1), 15-22.
- 이병주, 김동학, 최현일, 기원서, 박기화, 1996, 1:250,000 대전 지질 도폭 설명서, 59 p.
- 한태홍, 1993, 제주도 연안 해빈과 사구에 관한 연구. 경희대학교 이학박사학위논문, 136 p.
- Kuenen, Ph. H., 1960, Experimental abrasion of sand grains. Report on International Geological Congress, 21 Session, Part 10, Submarine Geology.
- Pethick, J. S., 1984, An Introduction to Coastal Geomorphology. Edward Arnold, London, UK, 260 p.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. and Siever, R., 1987, Sand and Sandstone (2nd ed.), Springer-Verlag, New York, USA, 553 p.
- Skinner, B. J. and Porter, S. C., 1992, The Dynamic Earth. John Wiley & Sons, New York, USA, 567 p.

---

2003년 9월 10일 원고 접수  
 2003년 9월 20일 수정원고 접수  
 2003년 9월 20일 원고 채택